



Junio - Agosto 2010 No. 2

DIVERSIDAD GENÉTICA Y CONSERVACIÓN

Bosque de coníferas en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Fotografía: Rodolfo Salas

Editorial

Vecinos indeseables

César Domínguez

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó al 2010 como el año Internacional de la Diversidad Biológica. El propósito de esta iniciativa es llamar la atención sobre la importancia de hacer un uso racional y sustentable de la biodiversidad, así como señalar los graves riesgos que enfrenta este importante patrimonio de la humanidad. Muchos de los eventos que se han organizado en el mundo, en México y en particular en nuestra Universidad, se han enfocado en describir los diferentes aspectos de la biodiversidad, su importancia biológica y la relevancia que ésta tiene para el bienestar humano. En contraste, se ha puesto un menor énfasis en señalar cuáles son los factores que la ponen en riesgo y qué actividades deberíamos emprender para contrarrestar los efectos negativos de estos agentes. Se ha señalado que hay cinco factores que constituyen las amenazas más importantes para la biodiversidad. En orden decreciente estos son: el cambio en el uso del suelo, el cambio climático, el incremento en la deposición de nitrógeno, la presencia de especies invasoras (especies exóticas o no nativas cuya introducción causa, o es capaz de causar daños económicos, ambientales, o a la salud humana) y el incremento en bióxido de carbono en la atmósfera.



Vecino indeseable del desierto de Sonora, *Cenchrus ciliaris* (pasto buffel). Fotografía: Francisco Molina

No hay duda de que la biodiversidad de México está expuesta a la influencia negativa de todos estos factores. Sin embargo, esta certeza no es suficiente para determinar cuál es la magnitud del riesgo que enfrenta nuestro país ante cualquiera de estas amenazas. Sólo por poner un ejemplo, el gobierno de Estados Unidos invierte más de $120,000 millones de dólares anuales en pagar los daños y el control de plantas invasoras. Aunque sabemos que México alberga un gran número de especies de plantas exóticas, aún estamos lejos de tener un diagnóstico confiable de la magnitud del problema que encaramos. Es por esta razón que el Instituto de Ecología, en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT, desarrolla un ambicioso proyecto que tiene como objetivo hacer el diagnóstico nacional del riesgo que representan las especies de plantas invasoras para la biodiversidad del país. Dada la magnitud y complejidad del problema, se integró un equipo multidisciplinarlo de investigación y se convocó a un grupo de más de 50 expertos del país. Este esfuerzo ha rendido sus primeros frutos y resalta la importancia de la colaboración entre la academia y los tomadores de decisiones. El ejemplo que he reseñado en estas líneas es uno de los varios proyectos relacionados con los grandes problemas nacionales en los que el Instituto de Ecología participa. Nuestra participación en este tipo de proyectos –de corte más aplicado- no sólo señala el interés del Instituto por involucrarse en la solución de los problemas ambientales de México, sino que demuestra que es posible conjuntar la investigación de excelencia con la pertinencia social.

Dr. César Domínguez Pérez-Tejada es Investigador Titular del Laboratorio de Interacción Planta Animal (Dpto. de Ecología Evolutiva). Sus investigaciones se enfocan en biología evolutiva, en particular en la evolución de la sexualidad de las plantas y las interacciones bióticas. Actualmente es director del Instituto de Ecología.

Conservación y Restauración

La fragmentación del hábitat y la biodiversidad genética de la selva húmeda tropical

Juan Núñez Farfán y
Rosalinda Tapia López

Todo nos amenaza:
el tiempo, que en vivientes fragmentos divide
al que fui
del que seré,
como el machete a la culebra...

Octavio Paz

La biodiversidad puede ser estudiada - y entendida - a nivel genético. De hecho, la diversidad biológica que asignamos a grupos de distinta jerarquía (taxonómica), es en esencia un continuo genético producto de la evolución. La continua generación de diversidad genética, y su extinción, es un fenómeno distintivo de la evolución. Sin embargo, hoy día existe una preocupación genuina y justificada por el incremento en la extinción de especies inducida por la actividad de los humanos. Cuando una especie se extingue se pierde su genoma, su variación genética. La variación genética es la materia prima de la de la evolución, pero lo es también del proceso de domesticación y mejoramiento de especies útiles para la supervivencia humana.

La "fragmentación" de los hábitats naturales es un fenómeno ubicuo en los ecosistemas del planeta. Esta fragmentación o conversión de un hábitat continuo en "porciones" ocurre de manera natural o inducida por el hombre. La fragmentación de un hábitat que antiguamente fue continuo en varias "porciones" nos lleva a preguntarnos si la reducción del tamaño del hábitat o la distancia que separa a tales "porciones" afectará la dinámica poblacional, la diversidad genética - y en última instancia la evolución - de las especies que los habitan.

¿Qué ocurre con la fragmentación?

Desde el punto de vista abiótico, la fragmentación puede cambiar las condiciones físicas del hábitat y con ello afectar la supervivencia de las especies. Desde el punto de vista biótico, la fragmentación puede alte-

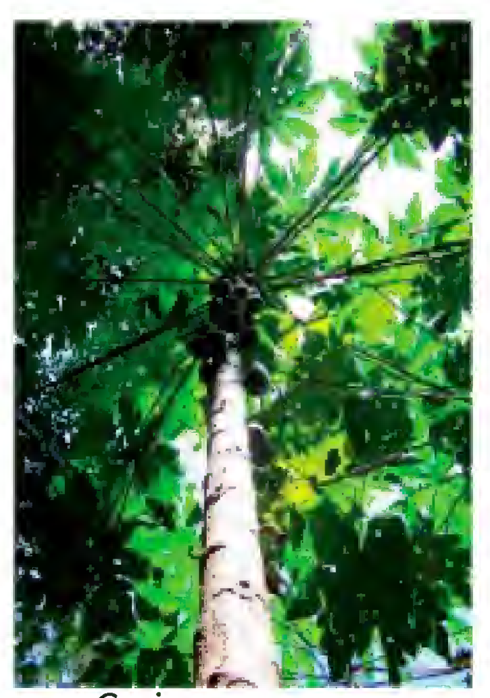


Dieffenbachia seguine. Fotografía: Mariana Chávez

rar las interacciones ecológicas. Por ejemplo, una especie de planta que depende de animales para fecundar a otras plantas o incluso para autofecundarse, podría fallar en producir semillas (hijos) si habita un fragmento pequeño y aislado espacialmente de otros, de forma que los polinizadores no puedan llegar hasta allí.

El efecto de la fragmentación del hábitat en la estructura genética de las especies depende fuertemente del tamaño de la población remanente y de *cómo se mueven los genes* en un paisaje fragmentado (*flujo génico*); y se estudia si ese flujo se incrementa o se reduce respecto de la situación pre-fragmentación. Es un hecho que las poblaciones que permanecen en los fragmentos tienen un número de individuos mucho menor que el de la población original y constituyen muestras que no contienen la totalidad de la diversidad genética de la


H. uxpanapensis. Fotografía: Sandra Cuartas


Carica papaya.
Fotografía: Mariana Chávez

especie. Por lo tanto en estas subpoblaciones se espera que se pierda diversidad genética y que incluso genes raros o aún deletéreos (nocivos) alcancen frecuencias altas en un proceso denominado *deriva génica*. Las poblaciones sujetas a este proceso se vuelven distintas a otras poblaciones de otros fragmentos o incluso de la población original (si aún existe). El flujo génico es el único proceso que puede impedir, o al menos disminuir, la velocidad de estos cambios genéticos.

En el laboratorio de Genética Ecológica y Evolución, nuestro grupo de investigación se ha dado a la tarea de estudiar los efectos de la fragmentación en la selva húmeda tropical de Los Tuxtlas, Veracruz, analizando un grupo de especies con diferentes historias de vida (hierbas, arbustos, y árboles). La motivación de este proyecto deriva de dos hechos: en primer lugar la selva de Los Tuxtlas constituye el límite norte en el continente americano de las selvas húmedas tropicales (que son el ecosistema

más diverso del planeta). Segundo, porque no existen, hasta ahora, estudios que analicen distintos componentes de una comunidad. Los aspectos que se investigan en nuestro laboratorio son las interacciones bióticas, así como los efectos de la fragmentación en la estructura y diversidad genética de la comunidad de los Tuxtlas. Los efectos de la fragmentación que hemos observado han sido leves cuando existe un gran movimiento de genes, ya sea porque hubo dispersión de semillas y frutos por aves (*Dendropanax arboreus, Chamaedorea alternans*), o que hubo dispersión de polen por colibríes (*Heliconia uxpanapensis, Aphelandra aurantiaca*) y/o insectos (*Nectandra ambigens*). Hemos obtenido una reducción de la diversidad genética en poblaciones pequeñas (*Dieffenbachia seguine, Sideroxylon portoricense*) y también se redujo para la especie nómada, *Carica papaya,* probablemente debido al poco movimiento de polen y semillas.

La fragmentación de los hábitats naturales es un proceso casi universal e irreversible, y la comprensión de sus efectos ecológicos y genéticos nos permitirá, en un futuro no tan lejano, diseñar estrategias de conservación de la biodiversidad a este nivel.



Selva de los Tuxtlas.
Fotografía: Mariana Chávez

Dr. Juan Núñez es Investigador Titular del Laboratorio de Genética Ecológica y Evolución (Dpto. de Ecología Evolutiva). Su investigación se ha enfocado en la ecología evolutiva de interacciones planta-animal, genética cuantitativa, y selección natural y adaptación en plantas, entre otras líneas. Actualmente es Coordinador del Posgrado en Ciencias Biológicas.





M. en I. I. B Rosalinda Tapia es Técnica Académica Titular del Laboratorio de Genética y Evolución (Dpto. de Ecología Evolutiva). Es candidata a doctor en Ciencias Biomédicas y ha apoyado investigaciones sobre genética molecular en plantas con el Dr. Juan Núñez.



Hecho en casa: Investigaciones de Frontera

¿Qué son los estromatolitos?.

Luisa I. Falcón, Carla M. Centeno y Yislem Beltrán

Los estromatolitos son formaciones rocosas creadas por la actividad de comunidades bacterianas que viven en el fondo de un cuerpo de agua. Estas formaciones son el producto de la acumulación de sedimento y la precipitación de minerales, a partir de la interacción entre las bacterias y el ambiente. Dentro de los estromatolitos las bacterias se distribuyen verticalmente en capas milimétricas visibles y características. Incluyen una capa superior color verde en donde se lleva a cabo la fotosíntesis por organismos fotoautótrofos, seguida de una capa rosa-purpúrea en donde hay organismos que consumen y generan azufre, seguidos por una gran diversidad de heterótrofos. Los microorganismos que habitan los estromatolitos son muy diversos y hay evidencia que indica que estas comunidades son tan productivas como los arrecifes de coral y las selvas tropicales.

Los organismos autótrofos (*autos = propio; trophe =* nutrición, alimento) son aquellos que producen su propio alimento a partir de compuestos inorgánicos. Los organismos heterótrofos (*heteros* = diferente, otro; *trophe* = nutrición, alimento) no pueden formar su propio alimento y dependen de formas de carbono sintetizadas por organismos autótrofos.



Alchichica, Puebla. Fotografía: Luis Eguiarte.





El término estromatolito proviene del griego *stroma = capa y lithos = roca,* es decir roca formada en capas por organismos. Los estromatolitos son solamente uno de los tipos de formaciones creados a partir de la actividad metabólica de comunidades bacterianas, existiendo también los tapices microbianos, los oncolitos y los trombolitos, entre otros. El término que usamos para agrupar a todas estas estructuras es microbialitos.

Los microbialitos fósiles eran muy comunes y diversos hace 2500 – 500 millones de años durante los periodos Archeano y Proterozoico. Los fósiles mas antiguos que se han descrito son microbialitos provenientes de rocas fechadas en 3,500 millones de años.

Se ha planteado que en estas comunidades antiguas apareció la capacidad metabólica para liberar oxígeno, lo cual permitió la formación de la capa de ozono, y por lo tanto la aparición de los eucariontes. Lo anterior resultó ser una mala jugada para las bacterias, ya que la abundancia de los microbialitos disminuyó conforme aumentaron los organismos eucariontes.

La existencia de comunidades formadoras de estromatolitos vivos representa una excelente oportunidad para estudiar muchos aspectos de la ecología evolutiva de las bacterias. México tiene una gran diversidad y abundancia de localidades con estromatolitos, destacándose las zonas costeras de la Península de Yucatán, así como los lagos cráter de la Cuenca Oriental, Puebla y las pozas de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Nuestro grupo de trabajo ha encontrado que todos los estromatolitos que hemos analizado están compuestos por los mismos grupos funcionales, es decir, hay bacterias fijadoras de nitrógeno, fotosintetizadoras, heterótrofas, etc, pero éstos grupos funcionales no están emparentados entre sí. Además, todos los estromatolitos habitan sistemas de agua con concentraciones muy bajas de nutrientes como nitrógeno y

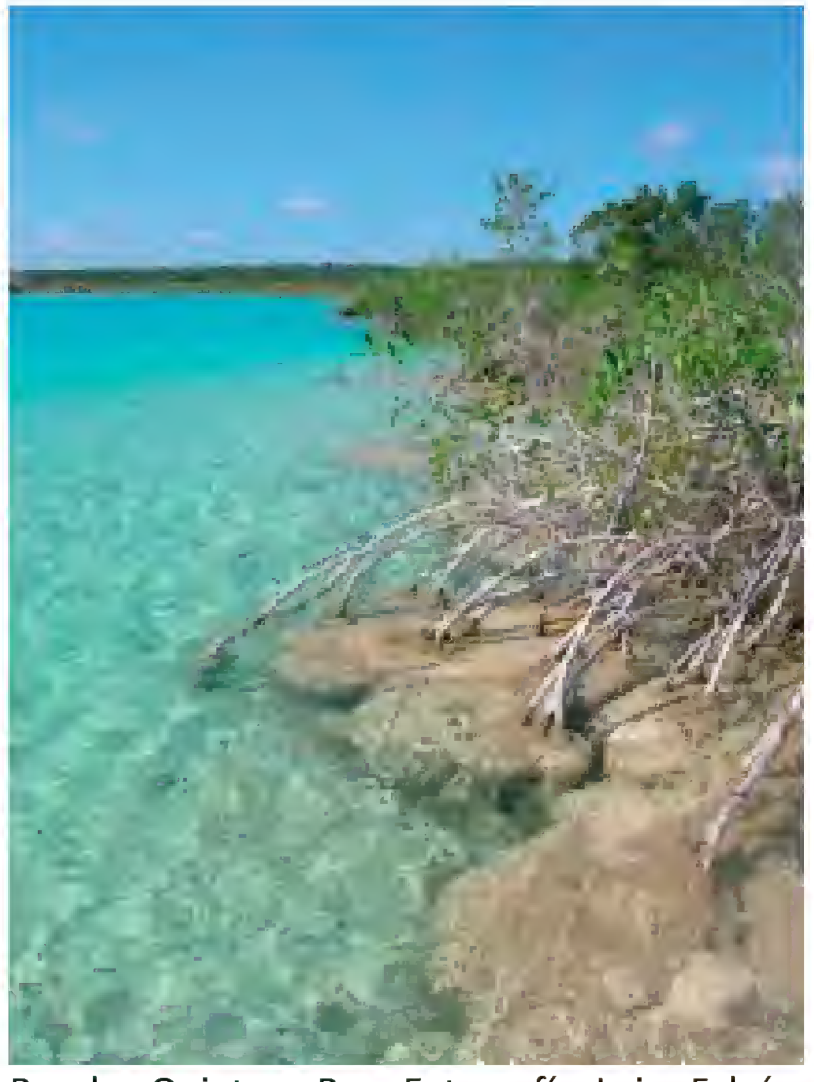
Eucariontes son los organismos con núcleo verdadero (plantas, animales, hongos, etc), al contrario que los Procariontes, que son los organismos que carecen de núcleo (bacterias y arqueas).

Para identificar a las bacterias que hay en los estromatolitos se utilizaron herramientas moleculares (es decir, técnicas que trabajan con moléculas, en este caso ADN).





fósforo (oligotróficos). Esta característica los vuelve fundamentales para la conservación de los cuerpos de agua en donde se encuentran y excelentes indicadores de salud ambiental.
Últimamente hemos empezado a trabajar en la conservación de sistemas acuáticos como Bacalar, Cuatro Ciénegas y los lagos-cráter de Puebla, considerando a los estromatolitos como componentes fundamentales de estos ecosistemas.
La conservación de estas formaciones bacterianas equivale a exigir que se mantengan condiciones de salud ambiental que promuevan la existencia de una gran diversidad biológica.


Bacalar, Quintana Roo. Fotografía: Luisa Falcón.

M. en C. Carla Centeno es estudiante del doctorado de Ciencias Biológicas y alumna de la Dra. Falcón. Su investigación es sobre bacterias formadoras de microbialitos.

Dra. Luisa Falcón es Investigadora Titular del Laboratorio de Ecología Molecular y Epigenética (Dpto. de Ecología Evolutiva). Su área de investigación se enfoca en la biología evolutiva bacteriana con énfasis en el grupo de las cianobacterias.

Biol. Yislem Beltrán es estudiante del Posgrado de Ciencias Biológicas y su proyecto trata sobre comunidades bacterianas acuáticas y sus patrones de fijación de nítrogeno y diversidad asociada.



Conservación y Restauración

Conservación genética de abetos mexicanos.

Erika Aguirre Planter

México es uno de los lugares clave para realizar estudios ecológico-evolutivos y establecer programas de conservación gracias a la gran biodiversidad que posee y a la enorme cantidad de especies endémicas que alberga. Entre los grupos de plantas que han migrado desde regiones templadas de Norteamérica, las coníferas son uno de los taxa más diversos y mejor representados en las comunidades de bosques de montaña en México.

Los abetos (*Abies* Miller) por ejemplo, son taxa predominantemente boreales y de zonas templadas. En México podemos encontrar ocho especies de estos árboles (*Abies concolor, A. durangensis, A. durangensis var. coahuilenses, A. vejari, A. flinckii, A. guatemalensis, A. hickelii, A. religiosa*), que se encuentran distribuidas en zonas de alta montaña en poblaciones relativamente aisladas y separadas entre sí por varios kilómetros. Estudios realizados con distintos marcadores moleculares en nuestro laboratorio (Evolución Molecular y Experimental) sugieren que los abetos mesoamericanos comparten un ancestro común y que las distintas especies que hoy existen son resultado del aislamiento de sus poblaciones durante periodos interglaciares. También con estos métodos genéticos hemos determinado que *A. flinckii y A. concolor*, son especies bien diferenciadas. Sin embargo, *A. durangensis, A. durangensis var. coahuilenses, A. vejari, A. guatemalensis, A. hickelii, y A. religiosa* no forman taxas definidos, lo cual sugiere que son relativamente recientes y todavía se encuentran en proceso de especiación.

Abies religiosa. Fotografía: Gabriela García Besné



Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. Fotografía: Rodolfo Salas

Este tipo de información ha resultado ser muy importante para nuestro país ya que nos permite establecer estrategias de conservación de especies que son endémicas o se encuentran amenazadas, como es el caso de los abetos mexicanos. Por ejemplo, hemos estudiado poblaciones de estos árboles ubicadas a lo largo del eje volcánico transversal y se ha determinado que son genéticamente distintas entre sí, por lo tanto recomendamos conservar casi todas ellas con el fin de mantener la mayor cantidad de variación genética posible. Llevar a cabo sugerencias como ésta (basadas en estudios moleculares) se vuelve necesario hoy en día para conservar la enorme biodiversidad que tenemos en México.


Sierra norte de Oaxaca. Fotografía: Rodolfo Salas



Dra. Erika Aguirre Planter es Técnica Académica del Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental (Dpto. de Ecología Evolutiva). Investiga genética de poblaciones y ecología evolutiva de plantas.





Hecho en casa: Investigaciones de Frontera

Lacandonia schismatica: una diminuta planta hialina de la selva Lacandona que puede ayudar a entender misterios de flores y corazones.

Elena Álvarez-Buylla Roces



Lacandonia schismatica.
Fotografía: Alma Piñeyro



Detalle de *Lacandonia schismatica*.
Fotografía: Esteban Martínez

Lacandonia schismatica es una pequeña planta hialina que crece entre la hojarasca de la selva. Es endémica de la selva Lacandona en Chiapas y su importancia radica en que, de las 250 mil plantas con flores conocidas en el mundo, esta es la única con una estructura invertida en sus órganos sexuales: tiene los órganos masculinos o estambres en el centro de la flor rodeados de los órganos femeninos o carpelos. Esta peculiaridad ameritó la creación de una nueva familia: Lacandoniaceae; aunque estudios recientes sugieren que probablemente pertenece a las Triuridaceae, cuyos miembros son de apariencia muy similar a la especie que nos ocupa, pero con flores unisexuales o con flores hermafroditas de carpelos centrales.

Lacandonia vive en simbiosis con un hongo microscópico que habita dentro de ella, el cual degrada compuestos carbonados para alimentarla. Por ello es que se dice que es heterótrofa. Otra singularidad de su flor es que se poliniza antes de que ésta se abra. En nuestro laboratorio nos interesa entender las causas evolutivas (el

porqué) y las genético-moleculares (el cómo) que originaron la estructura invertida de los órganos masculinos y femeninos de sus flores. El estudio de este sistema vivo nos permite comprender cómo evolucionan los procesos del desarrollo que dan lugar a innovaciones evolutivas como ésta, y resulta interesante indagar qué cambios moleculares fueron suficientes para darle origen. ¿Por qué y cómo es que una especie cambia y evoluciona hacia nuevas formas y procesos de desarrollo? ¿Qué genes están relacionados con estos cambios en el desarrollo a lo largo del tiempo evolutivo?

Para dar respuesta a estas y muchas otras preguntas, estudiamos genes llamados "homeóticos", que son parte de un complejo sistema de genes que sirven para definir la identidad y función de cada célula. Los genes homeóticos por ejemplo determinan si un conjunto de células se desarrollarán como estambres o como carpelos.

En el caso de *Lacandonia,* los genes homeóticos de la flor funcionan de manera distinta al resto de las especies con flores. Dichos genes fueron caracterizados por primera vez en una especie modelo, *Arabidopsis thaliana*, y al estudiarlos en *Lacandonia* hemos descubierto que uno de ellos, llamado APETALA3 (cuya función está involucrada en la formación de estambres) se expresa en el centro de la flor desde las primeras



Triuris brevistylis.
Fotografía: Joel McNeal

etapas de su desarrollo, lo cual explica la posición central de los estambres en esta flor tan rara.

Así mismo hemos descubierto que *Lacandonia* y las Triuridaceae tienen una relación de parentesco, y ahora nos encontramos desentrañando su relación con respecto a otras Pandanales, orden en el cual se las ubica ahora. También estamos estudiando los genes florales de su especie hermana, *Triudis brevistilys*. Finalmente, hemos corroborado (con estudios de microscopía de barrido) que las estructuras reproductivas de *Lacandonia* son flores verdaderas y no inflorescencias comprimidas, como habían sugerido algunos investigadores. Estos estudios nos están dando las bases para hacer análisis comparativos considerando otras especies que también tengan formas distintas en sus flores.

A pesar del exceso de soberbia y/u

Mediante el desarrollo, una célula fecundada o un conjunto de células idénticas dan lugar a los complejos organismos del mundo vegetal y animal, y cuando estos procesos de desarrollo evolucionan se genera la gran diversidad de formas vivas que conocemos.


Selva Lacandona. Fotografía: Alma Piñeyro

optimismo de la era genómica, el tener hoy en día muchos genomas secuenciados no ha sido suficiente para entender los mecanismos y procesos que sustentan la integración maravillosa y la diversidad de las formas vivas. Por un lado tenemos los genomas del ser humano y otros organismos, y por el otro la morfología y fisiología de los mismos, tanto en condiciones normales como en las patológicas. Entre uno y otro está el estudio del desarrollo que es aún un campo lleno de incógnitas para la biología contemporánea.

En este sentido, un hallazgo sorprendente ha sido que los genes florales que estudiamos son muy parecidos a los que regulan el desarrollo del corazón. Este caso es un ejemplo claro de que los seres vivos son mucho más que sus genes. Fuera de esta coincidencia cursi de la evolución (que el control genético del desarrollo de flores y corazones tenga algunos elementos compartidos) el ejemplo ilustra que necesitamos estudiar muchos aspectos y niveles de organización (en células, tejidos, etc.) durante el desarrollo, además de los genes, si queremos entender cómo se forman y han evolucionado éstas y otras estructuras maravillosas y complejas del mundo vivo.

Lacandonia schismatica ha iluminado nuevos descubrimientos en la evolución del desarrollo, y es una clara demostración de la importancia de la biodiversidad mexicana para avanzar en éste y otros campos de la ciencia. Esta especie también ha inspirado renovados esfuerzos para conservar la selva chiapaneca y su biodiversidad. Estamos colaborando con los habitantes encargados de salvaguardar las poblaciones de *Lacandonia*. Se buscan estra-

tegias para mejorar sus condiciones de vida, que a su vez permitan valorar adecuadamente la riqueza biológica local, e impulsar formas de manejo y producción sustentables. Esto es fundamental para lograr la conservación de la biodiversidad de México ya que una proporción muy alta de la misma se encuentra justamente en éstas y otras selvas poco estudiadas. En un esfuerzo de dos años de colecta en colaboración con el Instituto de Biología en las áreas circundantes a donde crece *Lacandonia* ¡se han descubierto más de 25 especies nuevas de plantas y animales para la ciencia!

Esta especie fue descubierta por el Biol. Esteban Martínez del Instituto de Biología de la UNAM en 1987, y a partir de entonces él, Clara Ramos y otros investigadores se han interesado en estudiarla. Destacan los trabajos de los Dres. Judith Márquez y Luis Felipe Jiménez de la Facultad de Ciencias, y Pilar Ortega del Instituto de Geología. En el Instituto de Ecología, con el Dr. Francisco Vergara-Silva, actualmente investigador del Instituto de Biología, iniciamos un proyecto de evolución del desarrollo para estudiar el "cómo" y "porqué" de la rara flor de Lacandonia hace quince años en colaboración con B Ambrose, E. Flores, A. Garay, A. Piñeyro, P. Engstrom, M. Englund, E. Meyerowits, B. García, J. Márquez, S. Espinosa, S. Vázquez, E. Martínez y E. de la Torre.



Selva Lacandona.
Fotografía: Alma Piñeyro

Dra. Elena Álvarez-Buylla es investigadora Titular del Laboratorio de Genética Molecular, Desarrollo y Evolución de Plantas (Dpto. de Ecología Funcional). Sus líneas de investigación principales han sido la genética molecular y la evolución de mecanismos de desarrollo en plantas. Actualmente es Jefa del Departamento.

DIRECTORIO

Oikos= es una publicación trimestral del Instituto de Ecología de la UNAM. Su contenido puede reproducirse, siempre y cuando se cite la fuente y el autor.





Instituto de Ecología, UNAM
Circuito Exterior S/N, anexo Jardín Botánico, C.U., Del. Coyoacán, C.P. 04510
México, D.F.
Tel.: 56 22 89 96
www.ecologia.unam.mx







Cualquier comentario, opinión y correspondencia, favor de dirigirla a las siguientes direcciones:
difusion@ecologia.unam.mx;
Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D.F.
O a los faxes: (52 55) 56-16-19-76 y 56-22-89-95

Con atención a: Programa de Difusión del Instituto de Ecología, UNAM

